BUKU AJAR

STABILISASI TANAH

OLEH :

IR. DARWIS PANGURISENG, MSc

DIGUNAKAN DALAM LINGKUNGAN SENDIRI

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

BUKU AJAR

STABILISASI TANAH

O L E H :
IR. DARWIS PANGURISENG, MSc

DIGUNAKAN DALAM LINGKUNGAN SENDIRI

JURUSAN TEKNIK SIPIL
F A K U L T A S T E K N I K
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR
2001

BAB SATU
PENGERTIAN & JENIS STABILISASI TANAH

TUJUAN INSTRUKSIONAL

Untuk lebih mengarahkan mahasiswa dalam mempelajari materi dalam bab ini, kembali diingatkan dengan tegas tujuan instruksional yang ingin dicapai dari pelajaran ini yaitu :

Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dan jenis-jenis Stabilisasi Tanah

1.1. Pengertian Stabilisasi Tanah

Stabilisasi Tanah ada suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah, dengan cara memberikan perlakuan (treatment) khusus terhadap lapisan tanah tersebut.

Dengan demikian dapat diketahui bahwa tujuan dari stabilisasi tanah adalah minimal untuk memenuhi satu dari empat sasaran berikut ini :

1. Untuk memperbaiki (meningkatkan) daya dukung tanah.
2. Untuk memperbaiki (memperkecil) penurunan lapisan tanah.
3. Untuk memperbaiki (menurunkan) permeabilitas dan swelling potensial tanah.
4. Untuk menjaga (mempertahankan) potensi tanah yang ada (existing strength).

Dari keempat sasaran dari suatu tindakan stabilisasi yang diuraikan di atas, sangat jarang dapat dicapai secara bersamaan (sekaligus). Akan tetapi harus selalu diupayakan agar dapat tercapai perbaikan parameter yang diinginkan, dengan tanpa mengakibatkan pengrusakan parameter yang lainnya. Seperti halnya stabilisasi dengan kapur (lime stabilization) dapat

meningkatkan daya dukung lapisan tanah, akan tetapi dapat pula memperbesar permeab lapisan. Untuk itu bila lapisan tanah difungsikan untuk menahan aliran air, sebaiknya stabi dengan kapur sedapat mungkin dihindarkan.

Contoh tersebut di atas memberikan gambaran bahwa sering terjadi tindakan stabi hanya memperbaiki salah satu karakteristik tanah, dan merusak karakteristik yang lai Untuk itu setiap tindakan stabilisasi yang dilakukan harus memperhitungkan efek samp (side effect) yang mungkin ditimbulkannya.

1.2. Jenis-Jenis Stabilisasi Tanah

Berdasarkan mekanisme kerja komposit antara massa tanah dengan bahan stabilizer, jenis stabilisasi tanah dapat dibedakan atas :

1. Stabilisasi Kimia ; yaitu stabilisasi dengan menggunakan bahan-bahan kimia memungkinkan terjadinya reaksi kimia, dan menghasilkan senyawa baru yang bersifa stabil dari pada senyawa yang terdapat dalam massa tanah sebelum stabilisasi di laku

   Contoh : Stabilisasi dengan semen, kapur, larutan kimia, dan lain-lain.

2. Stabilisasi Fisik ; yaitu stabilisasi dengan menggunakan energi yang disalurkan ke lapisan tanah, sehingga memperbaiki karakteristik lapisan sesuai dengan tujuan ti stabilisasi yang diinginkan.

   Contoh : Stabilisasi kompaksi, vibroflot process, dan lain-lain.

3. Stabilisasi Mekanis ; yaitu stabilisasi dengan menggunakan material sisipan ke lapisan tanah, sehingga mampu memperbaiki karakteristik massa tanah sesua tujuan tindakan stabilisasi yang diinginkan. Stabilisasi Mekanis sering juga disebu "Perkuatan Tanah (Reinforcement Earth)".

rsitas "45" M

Contoh : Sand piles, stone piles, nailing, anchor, cerucuk, steel band, geosyntetics (sebagai elemen reinforcement, separator, filtrasi, drainase), dan lain-lain.

4. Stabilisasi Termal ; yaitu stabilisasi dengan menggunakan panas (termal) untuk membakar material tanah, sehingga kadar air kristal massa tanah menjadi sangat rendah, yang memungkikan ikatan senyawa dalam massa tanah lebih stabil (irreversible).

   Contoh : Pembuatan keramik, gerabah, batu bata, dan lain-lain.

Stabilisasi kimia dapat memberikan peningkatan kapasitas daya dukung, perbaikan penurunan dan sifat permeabilitas pada lapisan tanah. Namun dalam pemilihannya harus berhati-hati, karena tidak semua tindakan stabilisasi kimia mampu memperbaiki secara bersamaan ketiga karakteristik tersebut di atas. Stabilisasi dengan bahan kapur dapat meningkatkan daya dukung karena ikatan partikel tanah dengan ion kalsium (Ca) lebih stabil dari pada ikatan dalam senyawa tanah lunak (lempung). Akan tetapi sifat kapur yang banyak mengandung ion hidoksida (OH) sangat porous, sehingga memperbesar permebilitas massa tanah. Demikian pula stabilisasi dengan semen, akan membentuk skeleton-skeleton dalam massa tanah yang memberikan dampak positif pada peningkatan daya dukung dan memperkecil penurunan lapisan tanah. Akan tetapi pembentukan skeleton tersebut mengakibatkan partikel tanah menjadi lebih granular, dan pori tanah menjadi lebih besar, sehingga memudahkan meloloskan aliran air. Sebaliknya yang terjadi pada stabilisasi dengan larutan kimia (NaOH), dapat memperbaiki daya dukung dan permeabilitas lapisan tanah karena partikel tanah menjadi lebih rapat dan berat volume tanah meningkatkan. Akan tetapi akibat sampingan yang ditimbulkannya adalah penurunan lapisan tanah yang cukup besar, sehingga metode ini sangat beresiko untuk diterapkan pada lahan yang padat bangunan jadi.

Stabilisasi fisik juga dapat digunakan untuk memperbaiki ketiga karakteristik pada lapisan tanah yang menjadi sasaran suatu tindakan stabilisasi. Akan tetapi metode ini hanya efektif

digunakan pada lapisan tanah dangkal, dan menjadi relatif sulit dilaksanakan pada lapisan yang dalam. Walaupun sudah dikenal sistim vibroflot, namun biaya peralatan dan operasi cukup tinggi. Kelemahan hasil stabilisasi fisik seperti metode kompaksi, adalah kecende lapisan tanah akan kembali pada kondisi semula, akibat proses alami dalam massa tan disebut proses "relaksasi".

Stabilisasi mekanis berkembang pesat dalam abad ke-20 yang lalu, dan aka berkembang maju pada masa mendatang, sejalan dengan perkembangan teknologi (material engineering). Metode ini juga dapat digunakan untuk memperbaiki hampir karakteristik tanah, dan apabila kondisi bangunan menginginkan perbaikan ketiga kara yang menjadi sasaran stabilisasi tanah dapat dicapai secara bersama-sama, maka metode diterapkan dengan menggunakan material sisipan secara komposit. Seperti pada bangunan bendungan, yang menuntut lapisan tanah dengan daya dukung besar, penurunan dan perm yang rendah, maka penggunaan material sisipan dapat menggunakan komposit antara "ge dan "geomembrane". Bahan geotextile mampu memberikan peningkatan daya duk memperkecil penurunan, sedangkan geomembrane dapat berfungsi sebagai lapis kedap air

Stabilisasi termal sampai dewasa ini masih sulit diterapkan di lapangan pada lapis secara langsung, dan baru terbatas digunakan dalam pembuatan bahan bangunan. Metod diterapkan langsung di lapangan, karena sulit mendapatkan energi panas yang mampu tanah dalam volume dan kedalaman yang besar. Disamping itu juga sulit melakukan areal pembakaran, yang dapat menjamin keamanan lingkungan.

BAB KEDUA
STABILISASI TANAH
SECARA KIMIAWI

Tujuan Instruksional yang ingin dicapai dari materi pelajaran pada bab ini adalah :

Mahasiswa mampu menjelaskan mekanisme reaksi kimia antara mineral tanah dengan bahan kimia (stabilizer), dan dapat menjelaskan secara sistimatis pengaruh bahan kimia sehingga tercapai perbaikan parameter (strength, deformation, permeability dan swelling) pada massa lapisan tanah.

2.1. Pengertian Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah metode perbaikan parameter tanah dengan menggunakan bahan pencampur yang mengandung mineral, yang dapat bereaksi dengan mineral yang terkandung dalam massa tanah, dan menghasilkan senyawa baru yang lebih stabil dari senyawa yang ada dalam massa tanah sebelum dicampurkan.

Bahan untuk stabilisasi tanah secara kimia cukup banyak, namun yang sudah sering dilakukan adalah penggunaan semen, kapur dan larutan kimia yang diinjeksikan ke dalam lapisan tanah. Pada umumnya stabilisasi kimia dapat memperbaiki parameter tanah, melalui pembentukan senyawa baru dalam massa tanah yang merupakan produk dari reaksi kimia yang terjadi antara tanah dengan bahan pencampurnya, yang mana senyawa baru tersebut ikatan ioniknya lebih kuat.

Untuk dapat memilih bahan stabilisasi kimia secara tepat, perencana harus memahami dengan baik kondisi tanah yang akan distabilisasi, terutama komposisi kimia dari mineral tanah. Hal ini sangat penting karena dengan memahami kondisi tanah yang akan distabilisasi, akan dapat

dilakukan analisis dan mekanisme reaksi yang akan terjadi pada campuran yang akan dihas
Pada umumnya jenis tanah yang dapat distabilisasi secara kimiawi adalah tanah lempung
Hal ini disebabkan karena partikel clay sangat halus, yang memudahkan terjadinya reaksi ki

2.2. Mineral Tanah Lempung

Yang dimaksud dengan tanah lempung (clay) adalah jenis tanah yang part
berdiameter lebih kecil dari 2 mikron (1mikron = 10^{-3} mm), tanpa membedakan susunan
yang terdapat dalam tanah tersebut.

Perilaku pada tanah lempung sangat dipengaruhi oleh "aktifitas permukaan" part
Sifat-sifat teknis tanah (soil properties) seperti kohesi dan plastisitas, adalah merupakan h
aktifitas permukaan partikel. Partikel tanah lempung mempunyai permukaan khas
surface) yang sangat besar, yang disebabkan oleh karena bentuk dan lipatan permukaan
lempung yang sangat bervariasi.

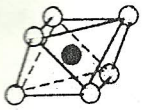
Illustrasi bentuk permukaan lempung (terlipat)

Jika dilihat dari susunan mineral di dalam massa tanah lempung, maka se
besarnya jenis tanah lempung yang ada dipermukaan bumi dapat diklasifikasikan
kelompok besar, yakni :

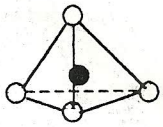
- Kaolinite
- Illite
- Montmorillonite

Susunan dasar dari struktur mineral tanah lempung yang dikenal ada dua macam, yakn

- Susunan Octahedral



- Susunan Tertrahedral

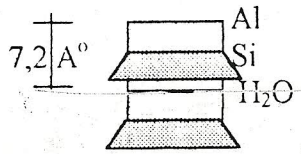


Ket : ○ Oksigen ● Mineral Logam (Al, Mg, Si dll)

1. Lempung Kaolinite :

Secara struktural mineral lempung kaolinite terbentuk dari susunan tetrahedral-oktahedral-H_2O. Yang mana ukuran susunan partikel dari ketiga unsur tersebut berukuran sekitar 7,2 A^o.

(A^o : Amstrong → 1 A^o = 10-6 mm)



Dalam arah horisontal, ikatan antara unit tetrahedral dan oktahedral menerus, sehingga memungkinkan ikatan antara satu sama lain lebih kuat. Sedangkan ikatan arah vertikal, yang merupakan ikatan antara tetrahedral dengan oktahendral kurang kuat. Dalam hal ini kuatnya ikatan tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis ion terlarut yang mengikat antara unit tetrahedral dengan unit oktahedral. Ikatan yang paling lemah dalam susunan kaolite adalah ikatan yang berhubungan dengan H_2O.

Jarak antara unit tetrahedral-oktahedral diikat oleh ion-ion terlarut, seperti ion K^+, Li^+, Ca^{2+} dan lain-lain. Orde kekuatan ikatan yang dibangun oleh ion terlarut tersebut, mengikuti tingkat subtitusi kation yang dirumuskan oleh Volta (deret Volta), sebagai berikut :

$Li^+ < Na^+ < K^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Al^{3+}$

Komposisi kimia pada senyawa mineral lempung jenis kaolinite, secara umum di sebagai berikut :

$Si_4\ Al_4\ O_{10}\ (OH)_8$

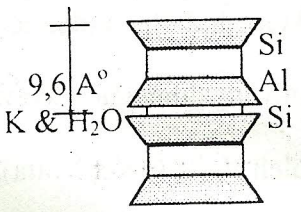
Dengan memperhatikan komposisi kimia pada lempung kaolinite, terlihat bahv subtitusi ion dalam strukturnya sangat sedikit. Hal ini menyebabkan ikatan min lempung kaolinite relatif stabil. Akan tetapi dapat saja terjadi subtitusi, misalnya digantikan dengan ion Fe^{3+}. Dalam mineral kaolinite senyawa SiO2 lebih dominan senyawa Al2O3, yang mana berdasarkan beberapa hasil penelitian ditemuka perbandingan antara kedua senyawa tersebut adalah kurang lebih 2 : 1.

Kelompok lempung kaolinite ini dapat lagi dibedakan atas beberapa jenis, seperti :

- Kaolinite
- Halloysite
- Serpentine
- Chrysotile
- Lizardite
- Antigorite

2. Lempung Illite

Dari aspek struktural mineral lempung Illite terbentuk dari susunan oktahedral-t oktahedral-H_2O. Yang mana ukuran susunan partikel dari ketiga unsur tersebut sekitar 9,6 A°.



Sama hal dengan susunan partikel kaolinite, pada struktur partikel illite ini j ikatan arah horisontal antara sesama unit oktahedral, tetrahedral, dan oktahedral

menerus, sehingga memungkinkan ikatan antara satu sama lain lebih kuat. Sedangkan ikatan arah vertikal, yang merupakan ikatan antara oktahedral - tetrahedral - oktahendral kurang kuat. Dalam hal ini kekuatan ikatan tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis ion terlarut yang mengikat antara unit tetrahedral dengan unit oktahedral.

Ion kalium (K^+) yang mengikat antara unit-unit pada arah vertikal bersifat permanen (unchangeable). Secara teoritis ion kalsium semestinya dapat digantikan oleh ion-ion yang bervalensi lebih tinggi misalnya ion Kalsium (Ca^{2+}), akan tetapi kenyataannya ion K^+ dalam mineral illite tidak dapat digantikan oleh ion Ca^{2+}. Hal ini disebabkan karena ukuran ion kalium tersebut sangat sesuai dengan jarak yang ada diantara unit-unit struktur mineral tersebut, sehingga ion K^+ seakan-akan terkancing diantara unit-unit partikel tersebut.

Komposisi kimia pada senyawa mineral lempung jenis Illite, secara umum dirumuskan sebagai berikut :

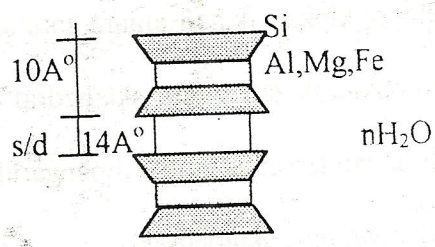
$(K, H_2O)_2\ Si_8\ (Al,Mg,Fe)_{4,6}\ O_{20}\ (OH)_4$

Kelompok lempung illite ini dapat lagi dibedakan atas beberapa jenis, seperti :

- Illite
- Hydromica
- Sericite

3. Lempung Montmorillonite :

Sama halnya pada susunan partikel lempung Illite, partikel lempung montmorillonite terbentuk dari susunan oktahedral-tetrahedral-oktahedral-H_2O. Yang mana susunan partikel dari ketiga unsur tersebut berukuran sekitar 9,6 A^o.



Ikatan arah horisontal pada lempung montmorillonite antara sesama unit c tetrahedral, dan oktahedral berbentuk menerus, sehingga memungkinkan ikatan a sama lain lebih kuat. Sedangkan ikatan arah vertikal, yang merupakan ikatan antara - tetrahedral - oktahendral kurang kuat. Dalam hal ini kekuatan ikatan terse dipengaruhi oleh jenis ion terlarut yang mengikat antara unit tetrahedral de oktahedral.

Ikatan antara unit partikel pada lempung montmorillonite merupakan ikatan Van yang terbentuk antara atom-atom hidrogen, sehingga ikatan yang dimiliki san Dengan lemahnya ikatan diantara unit partikel tersebut, menyebabkan mudahnya ai dalam kerangka susunan partikel. Dengan masuknya air ke dalam celah (gap) yang a partikel lempung (air kristal) dapat membuat volume massa tanah mengembang sampai mencapai volume dua kali lipat lebih dari volume kering.

Dari beberapa hasil penelitian diketahui bahwa volume air yang dapat disera partikel montmorillonite dapat mencapai 14A° (7 lapis). Proses pengembangan akibat bertambahnya volume air kristal disebut Swelling, dan kemampuan untuk m disebut Swelling Potensial.

Karakteristik khusus dari lempung montmorillonite adalah sangat mudah m sekaligus sangat mudah mengeluarkan air apabila kondisinya kering. Sifat ini sang bila massa tanah montmorillonite digunakan sebagai lapisan tanah dasar, karen volume (volume change) yang besar, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada ba

Komposisi kimia pada senyawa mineral lempung jenis Montmorillonite, secara umum dirumuskan sebagai berikut :

$$Si_8\ Al_4\ O_{20}\ (OH)_4\ nH_2O$$

↑ Swelling potensial

Kelompok lempung montmorillonite dapat dibedakan atas beberapa jenis, seperti :

- Montmorillonite
- Talcs
- Smectite
- Pyrophyllite
- Saponite
- Nontronite

4. Specific Surface dan Keasaman Tanah :

Menurut hasil penelitian WAY (1952), bahwa pada kation yang valensinya sama, ternyata ion yang ukurannya lebih besar lebih kuat mensubtitusi terhadap ion dengan ukuran yang lebih kecil. Lebih jauh WAY memberikan diskripsi ukuran ion pada beberapa unsur sebagai berikut ;

Jenis Kation	Jari-Jari (A^o)	
	Kristal	Larutan
Li^+	0,68	2,36
Na^+	0,97	1,83
K^+	1,33	1,24
Mg^{2+}	0,66	3,45
Ca^{2+}	0,99	3,07
Al^{3+}	0,51	4,57

Terlihat pada tabel di atas, bahwa ion K^+ dalam kondisi terkristal memiliki jari-jari yang cukup besar, sehingga sangat potensil untuk melakukan subtitusi terhadap ion Li^+, Na^+. Bahkan ion dengan valensi yang lebih tinggi kadang-kadang mengalami hambatan untuk menggeser ion K^+, apabila berada pada struktur mineral tanah yang sangat sesuai dengannya, seperti pada material

lempung Illite. Kelebihan lain dari ion K^+, bahwa pada kondisi larutan, jari-jari partikeln mengecil. Hal ini berarti bahwa partikel kalium tidak mengabsorpsi H_2O, sehingga tidak expansive. Sedangkan pada ion lain terlihat perbedaan jari-jarinya yang akan bertambah dalam kondisi larutan, bahkan kation Aluminium akan bertambah sebesar 900% dari jari- kondisi kristal. Keberadaan kation semacam ini dalam tanah sangat potensial menimbu expansive, yang pada akhirnya akan menimbulkan proses swelling pada lapisan tanah.

Hasil penelitian lain memberikan gambaran tentang kemampuan kation dalam n pergantian (subtitusi), yang disajikan dalam tabel berikut ini :

Jenis Lempung	Spesific Surface (m2/gr)		Capacity of Echange
	Luar	Total	Cation–CEC (m eg/100 gr)
Kaolite	10 – 20	10 – 30	3 – 15
Illite	65 – 100	70 – 140	10 – 40
Montmorillonite	50 – 150	700 – 800	80 – 150

Keterangan : m eg = milli equivalent

$= 10^{-3}$ equivalent

1 eq = Jumlah muatan elementer dalam satu molekul larutan ($6x10^{23}$ = bilangan

Contoh :

Bila dikatakan CEC suatu mineral tanah sebesar 10 m eq/100 gr, itu berarti bah solid tanah tersebut dapat mensubtitusi muatan sebesar $= (10x10^{-3}) \times (6x10^{23})$

$= 6x10^{21}$ muatan elemen

Dalam massa tanah selain subtitusi kation (+), juga dapat terjadi subtitusi anio anion yang dapat mengalami subtitusi dalam tanah seperti SO_4^-, Cl^-, PO_4^{-3}, NO_3^-, dan

Akan tetapi kejadian subtitusi anion (anionik) sangat jarang terjadi, dan yang paling sering terjadi adalah subtitusi kation (kationik). Hal in desebabkan oleh karena pada kondisi umum (alam) muatan netto partikel tanah adalah negatif (-). Muatan netto adalah selisih antara muatan positif dengan muatan negatif salam susunan atom/partikel tanah.

Hal yang menyebabkan muatan netto pada tanah tidak bisa nol (netral), oleh karena adanya peran air pori/kristal tanah dengan bermacam-macam ion-ion terlarut, yang akan menentukan tingkat keasaman pada tanah.

Tingkat pH pada massa tanah sangat mempengaruhi Capacity of Exchange Cation (CEC) dan muatan netto (elektro statis) pada partikel tanah. Hal ini dapat dilihat pada illustrasi reaksi dalam tanah sebagai berikut ;

a. **Tanah dengan pH < 7,00 :**

Pada jenis tanah ini muatan netto partikelnya adalah (+) ;

Reaksinya :

$$\underset{\text{mineral clay}}{M\,OH} + H_2O \longleftrightarrow \underbrace{M\,OH_2^+}_{\text{clay}} + OH^-$$

Pada kasus di atas terlihat bahwa CEC akan mengalami peningkatan, akibat terbentuknya ion-ion positif (kation) dalam massa tanah (clay). Bila ingin dilakukan stabilisasi pada jenis tanah tersebut, harus digunakan zat stabilizer yang aktif menangkap kation (bersifat basah).

b. **Tanah dengan pH > 7,00 :**

Pada jenis tanah ini muatan netto partikelnya adalah (-) ;

Reaksinya :

$$\underset{\text{mineral clay}}{M\,OH} \longleftrightarrow \underbrace{M\,O^-}_{\text{clay}} + H^+$$

Pada kasus di atas terlihat bahwa CEC akan mengalami penurunan, akibat terb ion-ion negatif (anion) dalam massa tanah (clay). Bila ingin dilakukan stabilisasi p tanah tersebut, harus digunakan zat stabilizer yang aktif menangkap anion (bersifat as

Dari kedua illustrasi di atas dapat disimpulkan bahwa dalam pemilihan bahan st harus disesuaikan dengan kondisi pH pada mineral tanah.

2.3. Stabilisasi Tanah dengan Kapur

Stabilisasi tanah secara kimiawi biasa juga disebut "stabilisasi sementasi (Ce Stabilization). Ada berbagai macam stabilisasi tanah sementasi antara lain :

- Stabilisasi dengan kapur (lime stabilization).
- Stabilisasi dengan semen (cement stabilization).
- Stabilisasi dengan larutan (grouting/injection stabilization).
- Dan lain-lain yang masih terus akan berkembang.

Bahan kapur yang digunakan dalam stabilisasi tanah lempung adalah jenis bu yang rumusan mineralnya Ca CO3. Metode ini mulai berkembang pada dekade ant Dunia I dengan Perang Dunia II, yaitu pada saat angkatan perang negara-negara yang te dan sementara mempersiapkan kekuatan untuk PD II aktif membangun jalan-jalan gun peralatan perangnya. Akan tetapi perkembangan pesat baru terjadi pasca PD II, se upaya pembangunan di berbagai negara maju guna mendirikan infrastrukturnya yan kehancuran dan kemunduran selama terjadinya PD II tersebut.

1. Mekanisme Reaksi :

Dalam stabilisasi tanah dengan lempung, terjadi dua macam reaksi yang bertahap ;

a. *Reaksi Pertukaran Ion*, yaitu reaksi yang terjadi secara seketika pada saat pencampuran antara tanah dengan kapur dilakukan. Pada tahap reaksi ini, ion-ion dari kapur (Ca2+), akan segera menggantikan kation-kation penghubung yang menempati celah-celah partikel tanah, dan membentuk senyawa yang baru dengan kekuatan (strength) yang lebih tinggi.

Mekanisme reaksi pertukaran ion tersebut tahapannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

Reaksi antara kapur dengan air.

$$CaCO_3 \xrightarrow{H20} Ca(OH)_2 + H_2CO_3$$

Selanjutnya senyawa $Ca(OH)_2$ akan terurai menjadi ;

$$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,OH^-$$

Ion Ca^{2+} merupakan kation yang dibutuhkan untuk menggeser ion-ion dengan valensi yang lebih rendah diantara susunan partikel lempung.

b. *Reaksi Sementasi*, yaitu reaksi yang terjadi antara Ca^{2+} pada kapur dengan mineral Al^{3+} dan/atau mineral Si^{3+} yang ada dalam partikel tanah.

Reaksi antara tanah dengan ion Ca^{2+} dapay direfresentasikan sebagai berikut ;

$$M_2Na + Ca^{2+} \longrightarrow M_2Ca + Na^+$$

Clay (low strength) Clay (high strength)

Jika dirumuskan kedalaman mineral tanah yang sesungguhnya, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Na_2O.Al_2O_3.(SiO_2)_4.H_2O + CaO.H_2O \rightarrow Na_2O.H_2O + \mathbf{CaO.Al_2O_3.(SiO_2)_4.H_2O}$$
$$+ Na_2O.SiO_2 + \text{produk degradasi.}$$

Selanjutnya senyawa $CaO.Al_2O_3.(SiO_2)_4.H_2O$ akan mengalami pembek
makin lama akan semakin mengeras, seiring dengan kemampuan senyawa
membentuk kristal (crystallized). Proses pembekuan senyawa semacam ini diseb
sementasi, dan kristal yang dihasilkan terbentuk dalam senyawa baru yang bers
kuat, yaitu senyawa Silikat Calsium Carbonat $[(CaO)_2\ SiO_3]$ dan Aluminat
Carbonat $[(CaO_3)_2\ Al_2O_3]$. Reaksi pembentukannya dapat dituliskan sebagai berik

$$CaO.Al_2O_3.(SiO_2)_4.H_2O \rightarrow (CaO)_2\ SiO_3 + (CaO_3)_2\ Al_2O_3 + H_2O$$

Kedua senyawa yang membentuk kristal tersebut bersifat keras, sehing
meningkatkan kekuatan (strength) pada tanah. Reaksi yang semacam ini diseb
Ponzzolanic yang hasilnya stabil (irreversible).

2. Kriteria Tanah :

Untuk menentukan jenis tanah yang cocok distabilisasi dengan bahan kap
ditentukan kriteria khusus. Akan tetapi pada umumnya stabilisasi dengan kapur leb
diterapkan terhadap jenis tanah yang berbutir halus yang banyak mengandung lempun

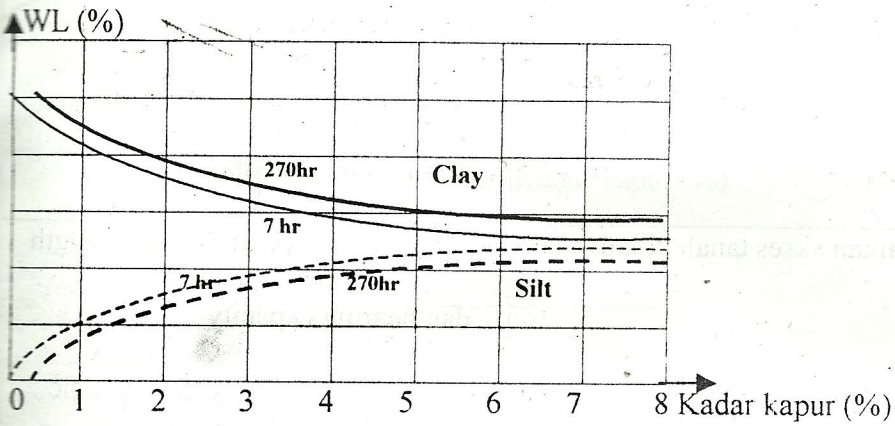
Selain itu melihat tingkat pH dari bahan kapur yang bersifat basah (pH > 7,00), m
memudahkan reaksi pertukaran ion terjadi diharapkan sifat tanah yang distabilisasi de
ini sebaiknya yang bersifat asam (pH < 7,00).

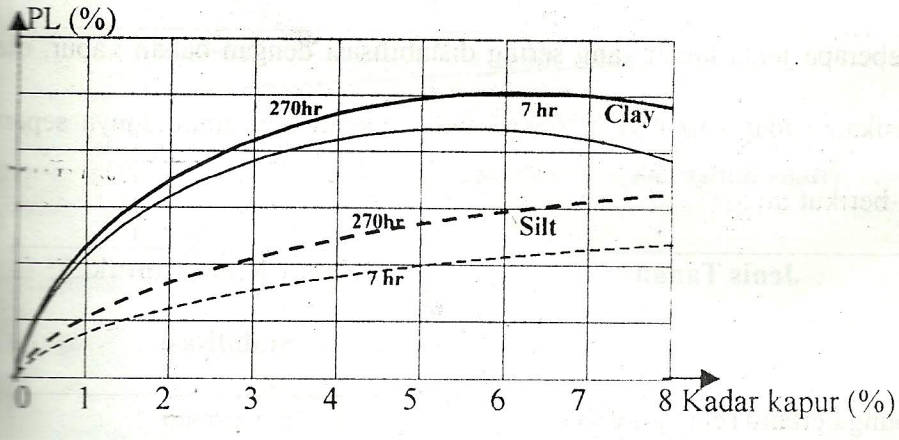
Bila dilihat secara umum tindakan stabilisasi dimaksudkan untuk peningkatan ka
tanah, namun secara khusus dapat diuraikan sasaran perbaikan yang dicapai d
tindakan stabilisasi dengan kapur seperti yang pda tabel berikut ini :

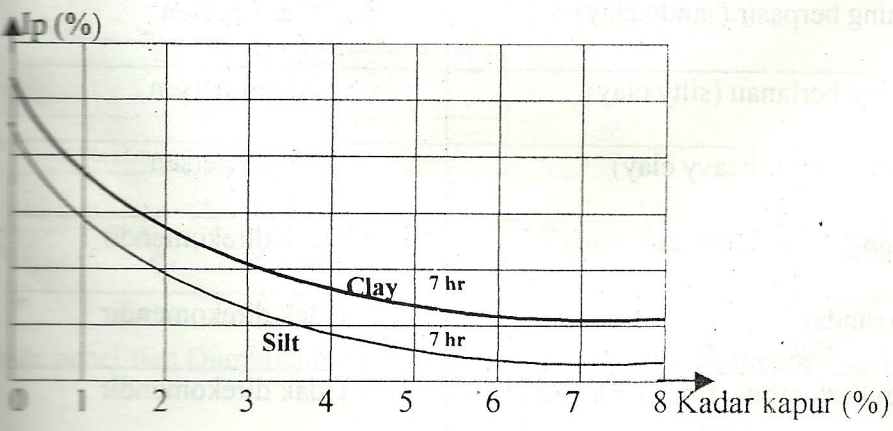
3. Perubahan Propertis Tanah :

Dari beberapa hasil penelitian stabilisasi kapur yang dilakukan terhadap beberapa jenis tanah, dapat dikemukakan secara grafis sebagai berikut :

1. Parameter Atterberg Limit (Willis J.G. – 1971)







No.	Maksud Stabilisasi	Keperluan yang diinginkan
1.	Perbaikan Material Subgrade	- Peningkatan bearing capacity - Penurunan swelling potensial
2.	Perbaikan Material Base	- Peningkatan strength dan bearing capacity (CBR min 80) - Penurunan swelling potensial - Penurunan plastisitas
3.	Perbaikan akses tanah di lapangan	- Mempercepat peningkatan strength dan bearing capacity. - Memperbesar peningkatan plastic limit.

Selanjutnya beberapa jenis tanah yang sering distabilisasi dengan bahan kapur, o ahli direkomendasikan kadar kapur yang sesuai untuk bahan pencampurannya sep terlihat pada tabel berikut ini :

No.	Jenis Tanah	Kadar Kapur untuk Stabilisasi
1.	Lempung berbatu (clay gravels)	± 3 persen
2.	Lempung berpasir (sandy clay)	± 5 persen
3.	Lempung berlanau (silty clay)	2 – 4 persen
4.	Lempung berat (heavy clay)	3 – 8 persen
5.	Lempung organik (organic soil)	Tidak direkomendir
6.	Pasir (sands)	Tidak direkomendir
7.	Batuan berlumpur (fine crushed rock)	Tidak direkomendir